島根県紙祖川に生息するゴギの資源状態^{*1}

木 本 秀 明

(1991 年 9 月 2 日受付)

The Stock of Gogi-char *Salvelinus leucomaenis imbricus* in Shiso River in Shimane PrefectureHideaki Kimoto^{*2}

This report is on the status of gogi-char *Salvelinus leucomaenis imbricus* stock in Shiso River, a tributary of Hikimi River in Shimane Prefecture. In this study, annual natural and fishing mortality coefficients of gogi-char have been estimated as 0.9322 and 0.7808 respectively by the average age method. Its longevity is six years. The adult stock of gogi-char is between about 22 and 54 percent of its virgin stock. However, a population analysis has made it clear that gogi-char is slightly overfished.

ゴギ *Salvelinus leucomaenis imbricus* は、本邦の中国地方の河川上流域に限定分布しているイワナ属魚類の 1 亜種で、広島県では、1951 年に芦田川上流の本種を天然記念物に指定し、保護している。

近年、遊漁者の増加や山林開発、ダム建設、河川改修などがゴギ資源に影響を与え、他の陸封性鮭鱒類と同様に資源の減少・枯渇が懸念されている。しかし、資源の悪化の量的程度は資源を絶対量として解明されていないために不明である。

本研究は 1970 年代に行われた資料に基づくため、現在の状態を表してはいない。しかし、その当時の資源を明らかにすることは、今後の資源保護の対策確立に資するものである。本研究の目的はここにある。

研究を進めるにあたり、終始、ご指導を賜った九州大学名誉教授塚原 博博士、久保田善二郎博士、および富山県水産試験場場長正木康昭博士に深謝する。また、採集に協力していただいた林兼産業の松下哲久氏、特別採捕の便宜を与えていただいた島根県、および、現地の調査において種々の援助を頂いた高津川漁業協同組合の方々と四見町の大谷 博氏に感謝する。

材 料 と 方 法

調査は、1973 年 3 月から 1978 年 7 月にかけて、島根県四見川支流紙祖川で行った (Fig. 1)。

ゴギの採集方法は刺網、タモ網、釣りを併用した。測定資料は 10% ホルマリン固定標本と、再放流標本から得た (Table 1)。前者からは全長 (mm)、尾叉長 (mm)、標

Fig. 1. Map of the study area and showing the investigation tributaries of Hikimi River.

準体長 (mm)、体重 (g)、性、生殖腺重量 (mg) と、一部の標本については、耳石輪紋数と径 (mm)、成熟卵数とその径も調べた。後者では全長 (もしくは尾叉長)、体重を測定した。本研究では体長に尾叉長を用いた。体長を欠測した標本は全長-体長関係式 (Table 2) から換算した。また、ホルマリン固定による標本の収縮率を明らかにするため、1977 年 9 月と 11 月に採集した 15 尾について、採集直後の生鮮時の体長とホルマリン固定後 7~10 日経過した固定後の体長を比較した。本研究ではすべて固定標本の体長を使用した。

^{*1} 本研究の一部は 1976 年日本水産学会秋季大会にて発表した。

^{*2} 日本エヌ・ユー・エス (株) (Japan NUS Co., Ltd., Doshima, Kita, Osaka, Osaka 530, Japan).

Table 1. Sample data for gogi-char in Shiso River

Date of collection	Number of specimens		Date of collection	Number of specimens		
	Female	Male		Female	Male	Unknown
Mar. 1973	4	7	Jul. 1975	14	11	1
Apr. 1973	8	9	Aug. 1976			(11)
May 1973	10	14	Sep. 1976			(71)
Jun. 1973	6	5	Nov. 1976	(2)	(9)	(13)
Jul. 1973	24	14	Dec. 1976			(5)
Oct. 1973	17	21	Jan. 1977	11	5	
Jun. 1974	11	12	Mar. 1977			(17)
Jul. 1974	8	16	Apr. 1977			(25)
Aug. 1974	6	5	May 1977	6	6	1(35)
Sept. 1974	11	10	Jun. 1977	4	7	(7)
Oct. 1974	4	2	Jul. 1977	2	6	10(39)
Nov. 1974	4	9	Sep. 1977	42	30	48(35)
Dec. 1974	7	11	Nov. 1977	5(2)	8(10)	(12)
Mar. 1975	5	14	Apr. 1978	6	5	(7)
May 1975	12	9	May 1978		2	4(35)
Jun. 1975	3	2				

(): Released number.

Table 2. The relationships between fork length and other lengths of gogi-char

	Fork-Total length relationship	Fork-Standard length relationship
♀	FL=0.98TL-1.55 ($n=184$, $r=0.999$)	FL=1.11 SL+2.40 ($n=170$, $r=0.999$)
♂	FL=0.98TL-0.99 ($n=195$, $r=0.999$)	FL=1.11 SL+2.99 ($n=189$, $r=0.999$)
♀+♂	FL=0.98TL-1.18 ($n=381$, $r=0.999$)	FL=1.11 SL+2.60 ($n=360$, $r=0.999$)

FL, fork length (mm); TL, total length (mm); SL, standard length (mm).

 n , number of specimens; r , correlation coefficient.

耳石はホルマリンで長期保存すると白濁化し、年齢査定が困難になるので、固定後 1 週間以内に標本から摘出しカナダバルサムで包埋した。耳石の標示径に左右差の無いことを三尾¹⁾の方法に従い確認後、計測にはいずれか 1 つを用いた。標示径は、測定軸を体後方方向の長軸に設定し、マイクロメーター内蔵の実体顕微鏡を用いて、核中心から透明帯の外縁までを計測した。輪紋形成時期は、耳石縁辺部の透明帯と不透明帯の季節的形成割合で決定した。また、耳石の輪紋形成時期の計算体長から、von Bertalanffy の成長式を求めた。

年齢別成熟率と産卵数については、1973 年 10 月の産卵期に採集した 17 尾の雌親魚 (Table 1) を用い、成長式による年齢別体長から年齢を推定後、最初に成熟率を求めた。産卵数については、自然産着卵の卵径範囲 (4.7~5.5 mm)²⁾ を熟卵指標として卵巣内の熟卵数から推定した。

ゴギの自然死亡係数 (M) の推定は、1950 年から 1952 年にかけて佐藤^{3,4)}により採集された本種の体長組成資料から行った。当時の環境状態について、佐藤⁴⁾は、登山者もほとんどなく、密林でクマが生息し地元の人々から恐れられていると述べている。この記述から、当時の

ゴギ資源の減耗過程に人間 (漁業) は関与していなかったと考えた。したがって、この体長組成資料^{2,8)}を年齢別尾数組成 (N_t) に変換して M を推定した。ただし、用いた資料の標本状態 (ホルマリン固定もしくは生鮮) の記載がないため、固定、生鮮の 2 つの場合を仮定して行った。体長組成から年齢組成への変換には、資料の少ないことから、その度数分布が明瞭な多峰型を示していないことから、正規分布の当てはめは行わなかった。ここでは、過去の資料の体長を本研究での体長 (尾叉長) に変換し、30 mm 間隔で再集計し各体長幅の中間体長を絶対年齢とした。この変換によって得られた年齢組成では、高齢になるに従い年齢間隔幅が広くなり、かつ、度数も少ないことから、高齢での誤差が大きいと推測されたため、 M の推定には平均年齢法⁵⁾を使用した。

ゴギの寿命は、1950 年~1952 年の体長組成から求められた最高年齢を採用した。これは最高年齢まで生残個体があり、それらの産卵が再生産に寄与することによる。

資源解析として調査当時の絶対資源量の推定と、その資源状態の検討を行った。前者の推定値として、後述の生息密度から推定した全ての年齢を込みにした資源尾数

がある。しかし、資源状態の検討を行うために年齢別尾数を必要とするので、その推定に Doi⁹⁾ の迅速解析手法を用いた。入力データは漁獲量を除きすべて本文で求められたものである。漁獲量は漁獲統計が無く不明であるが、任意の漁獲量を仮定して実行する方法をとれば不要である。すなわち、この実行結果と生息密度から推定した資源尾数と比較して、両者が近似した時の解を調査当時の年齢別尾数とした。この時点で調査当時の漁獲量も明らかになる。後者の資源状態の検討には木本はか⁷⁾ の定常解析モデルを用いた。

生息密度調査として、潜水観察によるゴギの計数、それを補正する発見率調査を実施した。紙祖川本流とこれに流れ込む枝谷の生息状況はほぼ等しく、発見率調査は実施困難な本流を避け枝谷の加令谷と伊源谷 (Fig. 1) で行った。下流から潜水し上流に向い、一定距離間の生息尾数を体長およそ 11~12 cm 以上 (1 歳以上) について計数した。ゴギは、イワナ *S. l. pluvius* と同様、上流に向かって定位し、さらに、個体毎に決まった逃避場所を持つ場合が多く、その場所はゴギを脅かして知ることができる。そこで逃避場所が明らかになり、しかも川床の岩石も除去でき見落とし個体も確実に刺網で採捕できる場所では、刺網で全てを取り上げ発見率を求めた。単位面積当たりの生息密度の結果から、加令谷と伊源谷の全ての年齢を込みにした資源尾数を推定した。

再生産関係は調査当時 (1973 年~1978 年) と 1950 年代初頭 (処女資源状態) の資源解析の結果から推定した。すなわち、最初に処女資源時の親子の量的関係を設定する。この関係は平衡状態にあると仮定して、この点と調査当時の親子の点を通る再生産曲線を想定する。これから木本はか⁸⁾ の簡便推定法により Ricker 型の再生産関係式を推定した。これは、サケ科魚類では Ricker 型がよく用いられている^{9,10)} ことによる。

処女資源時の親子関係の設定は、調査河川の水表面積に処女資源時の仮定密度を乗じて、1 歳以上の年齢を込みにした全資源尾数 (N) を計算し、次式から 1 歳魚の加入尾数 (R) と親魚尾数 (A) を求める方法によった。

$$N = R \sum_{t=1}^h S^{t-1} \quad (1)$$

$$A = R \sum_{t=1}^h S^{t-1} \cdot m_t \quad (2)$$

ただし、 S は自然生残率、 h は寿命、 m は成熟率。

処女資源時の仮定密度については不明であるため、イワナ属魚類の資源の研究報告^{11,12)} から推定した。

結果および考察

成長 体長 (L) と体重 (W) の関係で体長に用いる形質は研究者により異なる場合が多い。今後の比較のために体長 (尾叉長) と全長および標準体長との関係を求めた (Table 2)。採集個体の計測値から最小二乗法で求めた体長-体重関係式は次の通りである。

$$\text{雌: } W = 1.80L^{2.02} \times 10^{-5}, W = 1.16L^3 \times 10^{-5} (n=206)$$

$$\text{雄: } W = 1.68L^{2.04} \times 10^{-5}, W = 1.17L^3 \times 10^{-5} (n=225)$$

雌雄こみ:

$$W = 1.71L^{2.03} \times 10^{-5}, W = 1.16L^3 \times 10^{-5} (n=433)$$

なお、ホルマリン固定標本の収縮の程度は次式で示せる。

$$Y = 0.98X - 2.68 (n=15, r=0.9998)$$

Y : 固定後の体長 mm

X : 生鮮時の体長 mm

耳石の標示径から、年齢-体長関係を求めるには、輪紋形成の周期性、輪紋形成時期とその時の体長を必要とする。この周期性と形成時期は、透明帯と不透明帯の形成時期と割合で決定した (Table 3)。尾数の比較的多い 1 輪群と 2 輪群の耳石縁辺部の透明・不透明帯形成状態は、全ての個体で 11~1 月に透明帯が形成されていた。不透明帯は、1 輪群では 5~6 月に、2 輪群では 6~7 月に形成されていた。その他の輪紋群も類似の傾向を示している。以上から、ゴギの耳石輪紋は 1 年に 1 本形成され、透明帯は 11~1 月を中心に形成されたと考えた。さらに輪紋形成の周期性を、輪紋数 n で群分けし各群毎に測定した最終標示径の平均値 (Table 4) から、標示径 (r_n) を変数とする次式の定差方程式を求めて明ら

Table 3. Monthly change in the margin of otoliths of gogi-char

	0		1		2		3		4		Unknown		Total (%)	
	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O
Jan.	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	5 (100)	0 (0)
May	0	0	0	2	2	10	1	1	0	0	0	1	3 (18)	14 (82)
Jun.	1	4	0	3	0	1	0	0	0	0	1	1	2 (18)	9 (82)
Jul.	0	2	4	3	0	4	0	0	0	0	0	0	4 (31)	9 (69)
Sep.	2	0	18	2	37	14	3	1	2	0	2	0	62 (78)	17 (22)
Nov.	1	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	12 (100)	0 (0)

C, translucent; O, opaque.

Fig. 2. Relationship of otolith length to fork length of gogi-char.

Closed circle, female. Open circle, male. Triangle, sex unknown.

かにした。

$$r_{n+1} = 0.69r_n + 0.63 \quad (r = 0.998)$$

各輪紋形成時期の体長は耳石径 ($\bar{R}$) と体長との関係 (Fig. 2) から推定できる。1 輪群の標示径は性別に関わらず 0.8 mm 以上を示すので、Fig. 2 の 0.8 mm 以上のデータについて回帰分析を行い、次の回帰式を得た。

$$\text{雌: } L = 152.7\bar{R} - 46.7 \quad (n = 44, r = 0.832)$$

$$\text{雄: } L = 157.9\bar{R} - 48.8 \quad (n = 41, r = 0.925)$$

$$\text{雌雄こみ: } L = 155.8\bar{R} - 49.0 \quad (n = 130, r = 0.876)$$

Lee 現象の存在が Table 4 から考えられるが、耳石輪紋は成長の履歴を示すので年齢別体長は最終標示径で対応できる。各輪群の最終標示径を上記の回帰式に与え、輪紋形成時期の体長を求めた。この体長の絶対年齢は次のように考えた。

匹見川のゴギの産卵期は 10 月下旬～11 月下旬であることから、¹⁸⁾ 産卵中央月を 11 月とする。産卵からふ化までに約 90 日を要する。²⁾ 耳石の形成開始時期は不明であるが、授精後まもなく形成が開始されると仮定する。また、耳石の透明帯形成が 11～1 月を中心とした冬季であると推定した結果から、形成完了中央月を 12 月と設定することができる。以上の仮定から、産卵中央月を始点とすると、輪紋形成時期の体長は満年齢から 1 ケ月経過したものである (満年齢に 0.08 歳加算した年齢)。ここでは輪紋数を満年齢として読み変える。

4 歳魚の尾数が少ないため 1～3 歳魚の計算体長を用い、年齢-体長関係を von Bertalanffy の成長式で次のように求めた。

$$\text{雌: } L_t = 385[1 - e^{-0.160(t+0.611)}]$$

$$\text{雄: } L_t = 295[1 - e^{-0.342(t+0.084)}]$$

$$\text{雌雄こみ: } L_t = 273[1 - e^{-0.320(t+0.159)}]$$

雌雄間の成長係数には差がみられ成長曲線の立ち上がり方が雌雄で異なるため、成長式は雌雄別に取り扱うことにした。

自然死亡係数と寿命 自然死亡係数 (M) の解析結果を Table 5 に示す。標本状態 (固定、生鮮) の差は雌でみられず、雄では生残率に直して約 3% 程度の差があるものの、標本状態の差は M に大きく影響していない。この結果から、雌雄差の見られない生鮮状態での雌雄の値の平均値 (=0.9322) を M の推定値とした。また、ここでの最高年齢 (6.17 歳) は M だけで減耗したときの年齢であり、この年齢までは再生産に関与すると考え、ゴギの寿命を 6 歳と推定した。

三浦¹⁴⁾によるイワナの自然死亡を見ると、930 尾の年級群 (10 月齢) が 3 年後の 46 月齢には 3 尾に減耗している。50 月齢ですべて死亡しているので、この年級群は 4 歳くらいまで生存していたことになる。年間の M

Table 4. Radii of rings in each ring group of gogi-char

Sex	Age	n	r_1	Radii of ring in mm		
				r_2	r_3	r_4
♀	1	7	0.88±0.09*			
	2	28	0.81±0.08	1.17±0.08		
	3	4	0.79±0.08	1.14±0.18	1.41±0.15	
	4	1	0.75	1.00	1.30	1.65
♂	1	13	0.83±0.07			
	2	17	0.84±0.07	1.22±0.09		
	3	3	0.85±0.05	1.22±0.07	1.50±0.09	
♀+♂	1	32	0.86±0.08			
	2	69	0.82±0.08	1.19±0.09		
	3	13	0.79±0.08	1.17±0.11	1.42±0.10	
	4	2	0.73	1.03	1.30	1.60

* Mean ± standard deviation; n, number of specimens; ♀+♂, include unknown sex.

Table 5. Estimation of natural mortality coefficient (M) of gogi-char by Sato's data (1950-1952)

Fork length (mm) Limits (class mark)	Age		Case of formalin samples		Case of fresh samples	
	Female	Male	Number of female	Number of male	Number of female	Number of male
90-119 (105)	1.38	1.32	4	2	7	6
120-149 (135)	2.09	1.82	15	14	15	16
150-179 (165)	2.89	2.43	23	22	21	20
180-209 (195)	3.80	3.20	6	12	5	8
210-239 (225)	4.87	4.24	5	3	4	4
240-269 (255)	6.17	5.88	1	2	1	1
Number of data for average age method*			4	4	4	4
Natural mortality coefficient (year ⁻¹)			0.9193	0.8356	0.9587	0.9056
Rate of survival ($=e^{-M}$)			0.3988	0.4336	0.3834	0.4043

* From full available age (female 2.89, male 2.43) to maximum age (female 6.17, male 5.88).

Table 6. The relationship between ripe eggs and fork length or body weight of gogi-char

No. of data	Fork length (mm)	Body weight (g)	Number of ripe eggs
1	134	30	80
2	121	20	76
3	116	16	31
4	135	34	93
5	151	47	122
6	146	35	157
7	174	60	135
8	198	95	167
9	152	44	148
10	212	102	291
11	169	59	150
12	158	50	125
13	226	139	219
14	134	32	69

Number of data for regression: 14
 Ripe eggs (E)-weight (W) relationship: $E=1.6 W+46.5$ ($r=0.838$)
 Ripe eggs (E)-fork length (L) relationship: $E=1.8 L-148.7$ ($r=0.896$)

に直せば約 1.9 であり、これを 1 歳以上の M とすると満 4 歳時点での計算生存率は 0.3% である。一方、ゴギの場合では、満 6 歳時点のそれは 0.9% である。このことからここで推定した M と寿命は妥当であると考えた。

性比と成熟 1 歳の雌:雄の比率は、Table 4 の年齢別尾数から、概略値で 4:6 となり、2~3 歳では 6:4 で性比に逆転がみられるが、年齢組成からみて 1 歳が完全加入していないことと、雌雄に成長差のあることから 2~3 歳の性比がより正しいと見なした。また、4 歳では雄が採集されず、5 歳以降は雌雄が不明のため検証できなかった。したがって、2~3 歳の性比をゴギの性比と考えた。

年齢別成熟割合を求めるために使用する 10 月下旬の標本の年齢が不明なため、先の成長式から計算できる満年齢時の体長を、年齢の境界線として用い年齢区分し

た。すなわち、130 mm までを 1 歳、170 mm までを 2 歳、それ以上の体長を 3 歳以上とした。これから年齢別成熟割合を熟卵の有無で調べると、1 歳では、3 尾が産卵期に採集されているものの、熟卵を腹腔内に持っている個体は皆無であった。2 歳魚では 6 尾の内 5 尾に、3 歳魚以上ではすべて熟卵を持っていた。この結果から 1 歳の成熟割合を 0%、2 歳を 80%、3 歳以上では 100% と推定した。この 1 歳魚の値は、Table 6 の熟卵を持っている雌の体長からみて、過小評価している。すなわち、全く成熟しないのではなく一部は成熟することを示している。後述の資源解析の入力値としては過小評価ではあるが、割合が不明であるため上記の値を使用した。

体長もしくは体重と熟卵数との関係を Table 6 に示した。ここで示した資料を指数回帰と直線回帰の 2 様式で回帰分析を行った。その結果は直線回帰の方がよく適合し、しかも体長との関係で相関係数が高い。本研究では

これを使用した。ただし、年齢別熟卵数に換算するために、成長式を用いて産卵中央月（11月）の体長を計算し、この体長を年齢の平均的体長と見なして熟卵数に換

算した。その結果、2歳では145粒、3歳で204粒、4歳で255粒、5歳で298粒、そして6歳では334粒の熟卵を推定した。木村¹⁸⁾は、ゴギの雌1尾の産卵回数

Table 7. Population density of gogi-char in Karei-dani and Igen-dani (May-July 1978)

Locality	No. of data	Density (No./m)	Locality	No. of data	Density (No./m)
Karei-dani	1	0.256	Igen-dani	1	0.280
	2	0.250		2	0.244
	3	0.222		3	0.190
	4	0.267		4	0.130
	5	0.160		5	0.476
	6	0.304		6	0.026
	7	0.117		7	0.079
	8	0.220		8	0.148
	9	0.279		9	0.333
	10	0.204		10	0.103
	11	0.182		11	0.192
	12	0.205		12	0.260
	13	0.211		13	0.200
	14	0.244		14	0.089
	15	0.179		15	0.189
	16	0.267		16	0.212
	17	0.278		17	0.104
	18	0.565		18	0.244
	19	0.205		19	0.167
				20	0.189
				21	0.093

Mean of density: Karei-dani 0.243, Igen-dani 0.188

Total discovery numbers: Karei-dani 192, Igen-dani 135

Total investigation distance (m): Karei-dani 861, Igen-dani 795

Table 8. Status of gogi-char stock in Karei-dani and Igen-dani

(a) Case 1

(0.07 individual/m²)

Age (year)	Total stock		Available stock		Catch		Adult		Numbers of spawning
	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	
1	937	6.9	156	1.5	58	1.0	0	0.0	0
2	336	10.0	336	10.0	125	5.8	268	8.0	23351
3	60	3.9	60	3.9	23	1.9	60	3.9	7344
4	11	1.1	11	1.1	4	0.5	11	1.1	1668
5	2	0.3	2	0.3	1	0.1	2	0.3	352
6	—	0.1	—	0.1	—	—	—	0.1	71
Total	1344	22.3	565	16.9	211	9.3	341	13.4	32786

(b) Case 2

(0.09 individual/m²)

Age (year)	Total stock		Available stock		Catch		Adult		Numbers of spawning
	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	
1	1208	8.9	201	1.5	75	1.3	0	0.0	0
2	433	12.9	433	12.9	162	7.4	346	10.3	30131
3	78	5.0	78	5.0	29	2.5	78	5.0	9555
4	14	1.5	14	1.5	5	0.7	14	1.5	2154
5	3	0.4	3	0.4	1	0.2	3	0.4	454
6	—	0.1	—	0.1	—	—	—	0.1	153
Total	1736	28.8	729	21.4	272	12.1	441	17.3	42447

Weight: kg.

Table 9. Virgin status of gogi-char stock in Karei-dani and Igen-dani for two types

Age (year)	Type I				Type II			
	Total stock Number	Weight	Adult Number	Weight	Total stock Number	Weight	Adult Number	Weight
1	1461	10.8	0	0.0	2799	20.6	0	0.0
2	575	17.1	460	13.7	1102	32.8	882	26.3
3	226	14.6	226	14.6	434	27.9	434	27.9
4	89	9.4	89	9.4	171	18.0	171	18.0
5	35	5.2	35	5.2	67	9.9	67	9.9
6	14	2.6	14	2.6	26	5.0	26	5.0
Total	2400	59.6	824	45.4	4600	114.2	1580	87.0

Weight: kg.

は1~3回であること、1産卵床の埋蔵卵数は24~207粒の幅がみられることを報告している。これからゴギの腹腔内の熟卵数は産卵数として見なせると考えた。以後、この年齢別熟卵数を産卵数として取り扱う。

資源密度 潜水観察による1m流程当り視認密度結果をTable 7に示した。調査対象流水域の平均川幅は約3.5mであり、Table 7の平均生息密度を m^2 当り尾数に換算すると、加令谷では0.07尾、伊源谷では0.05尾になる。一方、両谷の15ヶ所での視認尾数と刺網で取り上げた実生息尾数の結果から、潜水観察による視認の発見率(％: 平均値±標準偏差)を計算すると 75 ± 6.0 であった。したがって、平均値を発見率として用いた場合、実際の生息密度は加令谷で0.09尾/ m^2 、伊源谷で0.07尾/ m^2 に修正できる。加令谷の紙祖川合流点から生息上限までの流程は約2,500m、伊源谷のそれは約3,000mである。面積になおして、先の密度から、両谷の全ての年齢を込みにした資源尾数を推定すると、加令谷では788尾、伊源谷では735尾である。

調査当時の資源量 潜水観察で推定した加令谷と伊源谷の生息密度には差があるため、用いる密度により両谷の合計資源尾数の推定値に差がでる。0.09尾/ m^2 の場合には1733尾、0.07尾/ m^2 の場合には1348尾で、その差は約400尾である。したがって、この2つの場合を再現する資源解析を実行した(Table 8)。ゴギ資源は両谷だけでなく紙祖川本流やその他の谷にも生息し、個体群としての広がりを両谷だけで表現することは適切ではない。しかしながら、生息密度がその他の流域でもあまり変わらないと仮定すると、生息面積との比例関係になるから両谷だけの資源で解析しても問題はない。

計算結果には密度比の差がそのまま現れている。すなわち、0.09尾/ m^2 の結果は0.07尾/ m^2 の結果の1.3倍を示している。これは、計算過程に使用されているパラメタのうち、両計算で異なるのは1歳の加入尾数だけであるため、その比がTable 8の全項目に反映されていることによる。

潜水観察による推定資源尾数の年齢組成は不明であったが、モデルを用いた資源解析の結果から、1歳魚が約70%を占めていることが推定できた(Table 8)。3歳魚までで全資源の99%が占められている。産卵数では2~3歳魚が全資源の産卵量の93%を占めている。主漁獲対象年齢は2歳魚である。遊漁者の多い4~6月の盛漁期に釣り上げられるこの年齢の体長を、成長式から逆算すると150~170mmである。1歳魚の利用度(Q)は0.166であり主な漁獲対象ではない。漁獲率(E)は37%であるから、漁獲対象の半分近くが釣り上げられる。

再生産と資源保護 Hanson and Waters¹¹⁾は、洪水で激減したカワマス*S. fontinalis*資源の回復過程を調査して、正常状態に復した時点の資源を推定している。結果は、1ヘクタール当りの生息尾数(1~4歳)として、最大2398尾、通常の状態時で1731尾であった。釣り人の言及が無いので明確ではないが漁獲が無いとすると、この生息尾数は処女資源と見なせる。前述の本研究の調査対象河川の平均川幅と流程から、水面面積は19250 m^2 と計算できるので、カワマスの尾数を適用する

Fig. 3. Relationships between adults and recruitment of gogi-char.

Triangles indicate the status of virgin stock (Type I, 2400 individuals; Type II, 4600 individuals). Circles indicate the status from 1973 to 1978 (open circle, cases at 0.09 individual/ m^2 ; solid circle, cases at 0.07 individual/ m^2).

Fig. 4. Isopleth contour line of sustainable yield of gogi-char in two types of reproduction curve. Circles indicate the status from 1973 to 1978 year (open circle, cases at 0.09 individual/m²; solid circle, cases at 0.07 individual/m²).

と、処女資源時のゴギの推定資源尾数は 3300~4600 尾になる。

本邦では、禁漁区におけるイワナの処女資源について斎藤¹²⁾の報告がある。数値がないので 1 歳魚と 2 歳魚の関係図から飽和資源尾数を読み取ると、1 歳魚は 250 尾、2 歳魚は 140 尾位と思われる。この調査河川の川幅は 1.5 m (流程は不明) であるが、面積の推定ができない。そこで、本研究の調査河川はこれの約 2.3 倍の川幅を持つことから、この自乗値を河川規模の指標と考えた。これから 1~2 歳魚のゴギの処女資源尾数として 2060 尾が推定できる。一方、ゴギ 1 歳魚の加入資源尾数に相対値を与え、前記の M だけで減耗させ、2~6 歳までの資源を計算すると、全体は 1~2 歳魚の 1.18 倍であった。したがって、先の 2060 尾から 1~6 歳までの資源尾数を推定すると、およそ 2400 尾になる。

以上から、ゴギの処女資源時の全資源尾数として、下限値に 2400 尾、上限値に 4600 尾を設定した。これら 2 つの場合について (1)~(2) 式から親子の尾数を求め (Table 9)、この結果と調査当時の資源との関係から想定した再生産関係を Fig. 3 に示す。生息密度の差に基づき 2 つの資源状態が計算されたが、図にみられるように想定した曲線上にはほぼ 2 つとも存在することから、以下の 2 つの再生産曲線を推定した。これより、2400 尾の処女資源から得られる再生産曲線を I 型、4600 尾の処女資源のそれを II 型と略称する。

$$\text{I 型: } R = 3.994e^{-0.000861A}$$

$$\text{II 型: } R = 3.394e^{-0.000875A}$$

調査当時の資源解析の結果は、遊漁者によるある利用形態のもとでの定常状態を表しているの、利用形態 (利用度 (Q)^{6,7)} と F) が変化しない限り再生産率や漁獲量なども一定である。⁷⁾ ここで F だけを変化させると、漁獲開始年齢は変化せず漁獲量が増加する。その結果、生残親魚とそれからもたらされる加入資源も共に変わり、過渡期に移行する。しかし、時間経過に伴い再生産関係にしたがい、次第に変化後の F での定常状態になり、新たな水準の漁獲量が持続するようになる (持続生産量 (SY))。したがって、様々な F のもとで SY を求め最大持続生産量 (MSY) を明らかにし、これを基準として資源状態の健康度が判断できる。さらに、 Q も変化させれば漁獲対象になる年齢を変化させた状態が予測できる。これらを表現すると等持続生産量曲線図になる。⁷⁾ 上記の 2 型の再生産曲線を用いて作製した等持続生産量曲線図が Fig. 4 である。この 2 型の図の左上部の破線は、親魚資源の最小水準を示す。⁷⁾ X 軸の親魚尾数が減少する方向で F は大きくなる。I 型の再生産のもとでは 1.8 歳以下、II 型では 1.9 歳以下に漁獲開始年齢が低下しない限り資源は枯渇しない。

型別再生産関係の等持続生産量曲線から調査当時の資源状態を判断すると、I 型の場合には MSY から乱獲方向にすこし離れている。しかし、漁獲の圧力が增大しても資源の枯渇は起こらない。すなわち、 $F = +\infty$ で理論計算すると、1 歳魚と 2 歳魚がそれぞれ 187 尾と 62 尾

生残することによる。1 歳魚と 2 歳魚からもたらされる漁獲量は約 90 尾 (3.3 kg) と計算できる。II 型では MSY から大きく離れて乱獲状態にあることを示している。この場合には、 $F=1.8$ で資源は枯渇する。調査当時の F は 0.78 であるから釣り人の増加による資源の悪化が懸念される。

処女資源 (Table 9) と調査当時の資源 (Table 8) について比較すると、I 型では処女資源時の 56~76% (親魚尾数では 41~54%), II 型では 29~38% (同じく 22~28%) であり、II 型で顕著な乱獲状態が示されている。

島根県の県条例では、ゴギの漁期は 4 月 1 日~8 月 31 日で、産卵期の親魚保護が実施されている。さらに、同条例により漁獲体長制限が全長 15 cm に設定され、漁法も釣りだけのため、一般の遊漁者による漁獲物の組成は本研究のそれよりも体長の大きい方にずれていると思われる。ゆえに、漁獲開始年齢が本研究の 1.8 歳よりもさらに高齢方向にずれるので、2 つの再生産関係のいずれであっても上記の乱獲状態よりもよい状態で、しかも、II 型の場合でも I 型のように資源の枯渇が起こらない可能性がある。したがって、近年の釣り人の漁獲実態の解明が将来的に急務の課題と思われる。また、釣り人の増加などに伴う生息環境の影響については検討できなかったが、今後はこの点についても検討を要する。

文 献

- 1) 三尾真一: 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究。I. メバルの年令、成長および成熟。九大農芸誌, 18, 419-436 (1961).
- 2) 佐藤月二: ゴギ (中国地方のイワナ)。広島県文化財調査報告3集 (天然記念物編), 広島県教育委員会, 広島, 1963, pp. 3-30.
- 3) 佐藤月二: ゴギに関する研究 (七) —ゴギ人工受精の基礎的研究—。比叡科学, 27, 5-12 (1952).
- 4) 佐藤月二: ゴギを追って。比叡科学, 92, 1-4 (1972).
- 5) 土井長之: 水産資源力学入門。日本水産資源保護協会, 東京, 1975, pp. 25-27.
- 6) T. Doi: Practical and rapid diagnosis method exemplified by red sea breams, *Pagrus major*, in the Seto Inland Sea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency (Korea)*, 28, 127-145 (1982).
- 7) 木本秀明, 檜山節久, 上城義信, 有江康章: 再生産機構を組み入れた資源解析の一手法について。日水誌, 54, 1499-1504 (1988).
- 8) 木本秀明, 林 泰行, 檜山節久, 上城義信, 小川 浩, 林 功, 石田雅俊, 有江康章, 伊東 弘, 正木康昭: 周防灘産メイトガレイの資源管理方策の検討。日水誌, 56, 1907-1917 (1990).
- 9) 田中昌一: 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理。東海区水研報, 28, 1-200 (1960).
- 10) W. E. Ricker: Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 191, 286-292 (1975).
- 11) D. L. Hanson and T. F. Waters: Recovery of standing crop and production rate of a brook trout population in a flood-damaged stream. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 103, 431-439 (1974).
- 12) 斎藤 雅: イワナにおける資源の利用と個体群変動の関係。海洋科学, 7, 49-54 (1975).
- 13) 木村清朗: ゴギの産卵習性と仔稚魚。九大農芸誌, 32, 125-140 (1977).
- 14) 三浦泰蔵: 個体群の動態—魚類を中心として—。集団と生態, 生物科学講座 8, 第 1 版, 朝倉書店, 東京, 1977, pp. 38-104.